

Studi Penurunan COD, TSS, dan *Turbidity* Dengan Menggunakan Kitosan dari Limbah Cangkang Kerang Hijau (*Perna viridis*) Sebagai Biokoagulan Dalam Pengolahan Limbah Cair PT.Sido Muncul Tbk, Semarang

Faruq Miftahul Farihin ; Irawan Wisnu Wardhana*; Sri Sumiyati*
Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Email: Faruk.miftah@gmail.com

Abstract

*PT.Sido Muncul using coagulant chemical substance as PAC (poly aluminium chloride) in their waste water treatment process. Usage of chemical substance in the process of coagulation is not good, cause the end of process coagulation-flocculation will contains certain chemical substance that can not be discharge into the waters environment. In this study use of coagulants using biocoagulant chitosan from green mussel shells (*Perna viridis*). Process preparation doing by step, first with the extraction green mussel shells into chitosan by deproteinization, demineralization and deacetylation, followed by processing jar test in the laboratory. Dose variation of biokoagulant are 100 mg/l, 150 mg/l, 200 mg/l, 250 mg/l, and 300 mg/l and also rapid mixing variation are 100rpm, 125rpm, 150rpm. In this study also uses PAC for the comparison. Based on the results, Efficiency removal of the concentration parameters turbidity is 69% TSS is 83,9% and COD removal is 67,8%.*

*Key Word: Green mussel shells (*Perna viridis*), Biocoagulant Chitosan, Coagulation-flocculation*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri di Indonesia semakin mengalami peningkatan. Salah satu industri yang sedang mengalami peningkatan belakangan ini adalah industri jamu PT. Sido Muncul. Jenis koagulan yang dipakai di PT.Sido Muncul adalah bahan kimia yaitu PAC (*poly aluminium chloride*). Pembubuhan bahan kimia pada proses koagulasi tidak baik, dimana pada akhirnya effluen dari proses koagulasi-flokulasi akan mengandung unsur kimia tertentu yang tidak boleh dibuang ke lingkungan perairan.

Kitosan adalah turunan dari kitin yang diperoleh dengan deasetilasi yang merupakan polisakarida terbanyak kedua setelah selulosa dan dapat ditemukan pada eksoskeleton invertebrata. Kitosan memiliki gugus amina (NH_2) yang bersifat nukleofil (molekul yang kaya elektron) kuat yang menyebabkan kitosan dapat digunakan sebagai polielektrolit yang bersifat multifungsi dan berperan pada pembentukan flok (Sinardi.dkk, 2013). Kandungan kitin terbanyak terdapat pada cangkang kepiting yaitu mencapai 50%-60%, cangkang udang mencapai 42%-57%, dan cangkang cumi-cumi dan kerang masing-masing 40% dan 14%-35% (Margonof, 2003).

Cangkang kerang hijau (*Perna viridis*) sangat melimpah keberadaannya di Indonesia, salah satunya terdapat di Kota Semarang Provinsi Jawa Tengah. Kerang hijau sangat melimpah di daerah pesisir Semarang Utara dan merupakan salah satu jenis kerang yang digemari oleh masyarakat, kerang ini juga mempunyai nilai ekonomis.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Pembuatan Kitosan Cangkang Kerang Hijau

Cangkang Kerang Hijau (*Perna viridis*) yang telah bersih dan kering dihaluskan kemudian dilakukan proses deproteinasi. Proses Deproteinasi dilakukan dengan cara memasukan serbuk cangkang kerang hijau sebesar 100 g dan dicampurkan dengan larutan NaOH 3% 1:6 (b:v) kemudian panaskan pada suhu 85°C selama 30 menit. Netralkan larutan hingga ber-pH 7. Selanjutnya adalah Proses Demineralisasi, hasil deproteinasi ditambahkan dengan larutan HCl 1,25 N 1:10 (b:v) panaskan larutan pada suhu 75°C selama satu jam kemudian netralkan larutan, dari proses tersebut maka akan dihasilkan kitin. Pembuatan kitosan dilakukan dengan proses deasetilasi, yaitu melakukan perendaman

dan pemanasan dengan menggunakan larutan NaOH 45% 1:20 (b:v) panaskan pada suhu 140°C selama 1 jam. Kemudian larutan disaring dan dinetralkan maka akan didapatkan kitosan. (No and Meyers, 1997; dalam Sinardi, 2013).

2.2 Pembuatan Variasi Dosis Biokoagulan Kitosan Cangkang Kerang Hijau

Dibuat biokoagulan cair dengan melarutkan masing-masing dosis kitosan dari Cangkang Kerang Hijau sebanyak 1,5 gr, 2 gr, 2,5 gr, dan 3 gr, masing-masing serbuk dilarutkan kedalam 100ml asam asetat 1%. Sebanyak 150 mg, 200 mg, 250 mg, dan 300 mg kitosan yang telah dilarutkan masing-masing dimasukkan ke dalam gelas beker yang telah berisi 1 L limbah. Dengan demikian variasi dosis yang digunakan adalah 150 mg/l, 200 mg/l, 250 mg/l, 300mg/l.

2.3 Proses Jartest

Optimalisasi proses koagulasi dipelajari dengan melakukan perubahan variabel proses seperti dosis dan kecepatan pengadukan cepat pada proses jartest, variasi kecepatan pengadukan cepat menggunakan 3 variasi yaitu: 100 rpm, 125 rpm dan 150 rpm selama 1 menit diikuti dengan pengadukan lambat 20rpm selama 15menit dan pengendapan selama 30 menit pada setiap sample. Perlakuan jartest ini dilakukan sebanyak 2 kali ulangan (duplo) untuk setiap sample yang digunakan (Alert, dkk.1987).

Dilakukan analisis parameter air limbah yang telah diberi perlakuan *jar test* dengan pengukuran masing-masing parameter. Parameter tersebut antara lain pH, suhu, COD, TSS dan *Turbidity*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Limbah Cair PT. Sido Muncul, Tbk

Limbah yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah industri jamu yang dihasilkan oleh PT.Sido Muncul,Tbk. Sampel yang digunakan dan diuji diambil pada tanggal 18 Agustus 2014, dengan karakteristik limbah yang di tampilkan pada tabel 3.1:

Tabel 3.1
Karakteristik Limbah PT.Sido Muncul,Tbk

Parameter	Satuan	Konsentrasi
pH		5.33
Temperatur	°C	27°C
<i>Turbidity</i>	NTU	651
TSS	mg/L	780
COD	mg/L	6250
BOD	Mg/L	990

Hasil limbah cair PT.Sido Muncul,Tbk memiliki karakteristik pH 5,33, dan Suhu 27 °C. dan hasil parameter lainnya yaitu konsentrasi turbidity, TSS, COD, dan BOD berturut-turut adalah 651 NTU, 780 mg/L, 6250 mg/L, 990 mg/L. Baku mutu yang digunakan pada PT.Sido Muncul,Tbk adalah Peraturan Daerah nomor 10 tahun 2004 tentang baku mutu air limbah bagi kegiatan industri jamu dan farmasi di Provinsi Daerah Tingkat I Jawa Tengah

3.2 Pembuatan Kitosan

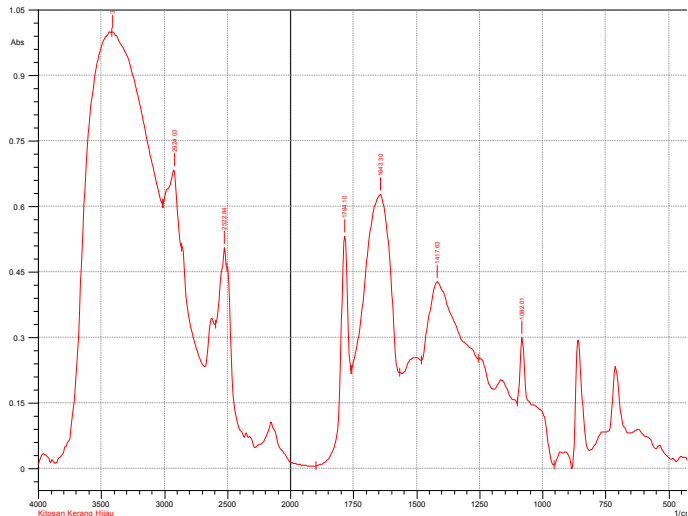
Proses pembuatan kitosan dari cangkang kerang hijau (*Perna viridis*) dilakukan dengan menggunakan metode No and Meyers (dalam Sinardi, 2013), melaui tahap deproteinasi dan demineralisasi untuk menghasilkan kandungan kitin kemudian dilanjut dengan proses deasetilasi (penghilangan gugus asetil) untuk menghasilkan kitosan. Sampel limbah cangkang kerang hijau sebanyak 400 gr dapat menghasilkan kitosan sebesar 103,78 gr atau sebesar 25%. Tabel 3.2 merupakan data persentase hasil dan rendemen dari proses pembuatan kitosan cangkang kerang hijau.

Tabel 3.2
Persentase Hasil Proses Pembuatan Kitosan Cangkang Kerang Hijau

Proses	Massa (g)	Rendemen	Presentase
Deproteinasi	400	330	82,5%
Demineralisasi	330	110	27,5%
Deasetilasi kitosan	110	103,78	25%

3.3 Karaktersisasi Kitosan

Kitosan hasil proses deasetilasi dikarakterisasikan dengan menggunakan metode *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR). Hasil serapan FTIR diperlihatkan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1
Spektra FTIR Kitosan Cangkang Kerang Hijau

Kitosan selanjutnya dilakukan perhitungan Derajat Deasetilasi (DD) untuk menentukan jumlah muatan gugus amina bebas dalam polisakarida. Perhitungan Derajat Deasetilasi kitosan dapat diketahui dengan menggunakan metode *baseline* yang dirumuskan oleh Domzy dan Robert (dalam Puspitasari, 2007), dengan persamaan:

$$DD = 100 - [(A_{1655} / A_{3450}) \times 100 / 1,33]$$

Dimana :

A_{1655} = absorbansi kitosan pada panjang gelombang 1655 cm^{-1}

A_{3450} = absorbansi kitosan pada panjang gelombang 1655 cm^{-1}

Dari persamaan diatas, maka dapat diketahui Derajat Deasetilasi yang dimiliki oleh Kitosan dari cangkang kerang hijau adalah:

$$A_{1655} = 0,62$$

$$A_{3450} = 0,99$$

Maka dapat ditentukan Derajat Deasetilasi yang dimiliki oleh kitosan cangkang kerang hijau adalah:

$$DD = 100 - [(A_{1655} / A_{3450}) \times 100 / 1,33]$$

$$DD = 100 - [(0,62 / 0,99) \times 100 / 1,33]$$

$$DD = 100 - (0,626 \times 75,187)$$

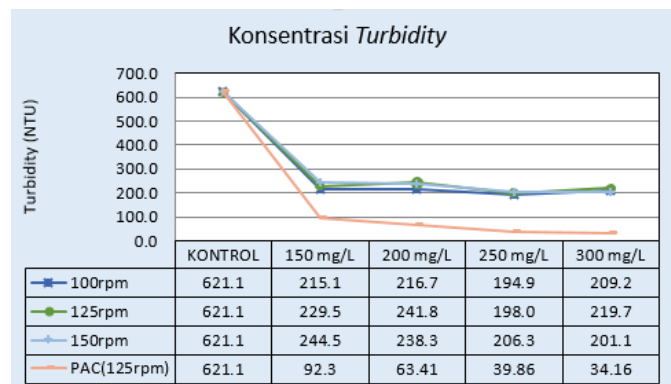
$$DD = 52,9 \%$$

3.4 Penurunan Konsentrasi Turbidity pada Limbah Cair Industri Jamu PT.Sido Muncul,Tbk.

Setelah dilakukan proses koagulasi-flokulasi terhadap air limbah dengan menggunakan biokoagulan kitosan, terjadi penurunan konsentrasi turbidity pada limbah cair PT.Sido Muncul, Tbk. Dosis optimum terdapat pada dosis 250 mg/l dengan kecepatan pengadukan cepat 100 rpm, dari variasi dosis dan kecepatan pengadukan cepat tersebut didapat nilai konsentrasi *turbidity* sebesar 194,9 NTU.

3.4.1 Penentuan Dosis Optimum Penurunan Konsentrasi Turbidity

Dosis koagulan yang optimal untuk menurunkan konsentrasi *turbidity* terdapat pada dosis 250 mg/l dengan kecepatan pengadukan cepat 100 rpm. Pada dosis ini biokoagulan kitosan mampu menyisihkan nilai konsentrasi *turbidity* yang awalnya sebesar 621,1 NTU menjadi 194,9 NTU yang terlihat pada gambar 3.2

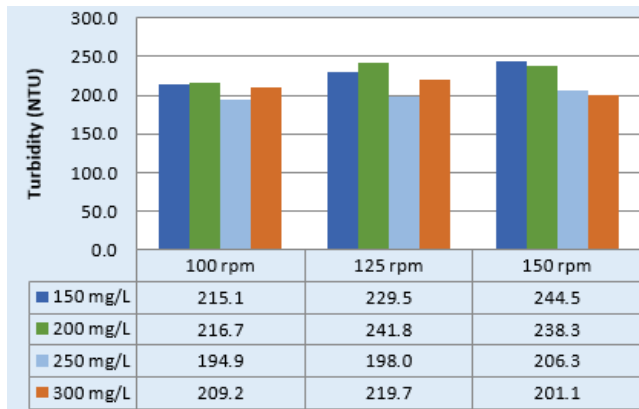


Gambar 3.2

Grafik Konsentrasi *Turbidity* terhadap Dosis
(1)

3.4.2 Penentuan Kecepatan Pengadukan Cepat Optimum Penurunan Konsentrasi Turbidity

Kecepatan pengadukan cepat yang optimal berada pada kecepatan 100 rpm. Penurunan konsentrasi *turbidity* pada kecepatan pengadukan cepat 100 rpm adalah 194,9 NTU, seperti yang terlihat pada gambar 3.3



Gambar 3.3
Grafik Konsentrasi *Turbidity* terhadap Kecepatan Pengadukan Cepat(2)

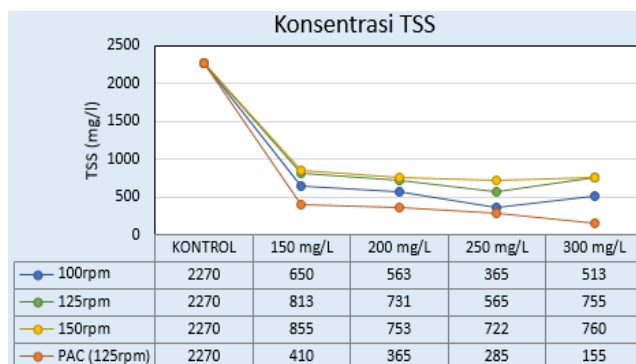
Pada koagulasi terjadi proses pengadukan cepat, dimana pada kecepatan pengadukan cepat yang optimal ini akan mempengaruhi sifat fisik penyebab kekeruhan pada air limbah

3.5 Penurunan Konsentrasi TSS pada Limbah Cair Industri Jamu PT.Sido Muncul,Tbk.

Hasil penurunan konsentrasi TSS setelah dilakukan penambahan koagulan kitosan terjadi penurunan, konsentrasi awal TSS adalah 2270 mg/l. Dosis optimum terdapat pada dosis 250 mg/l dengan kecepatan pengadukan cepat 100 rpm

3.5.1 Penentuan Dosis Optimum Penurunan Konsentrasi TSS

Pemberian dosis koagulan yang optimal akan membantu pengikatan antar partikel yang tersuspensi. Membuat partikel-partikel halus yang pada kondisi awal bersifat stabil menjadi tidak stabil muatannya, sehingga terjadi gaya tarik menarik antar partikel dan akan membentuk flok.

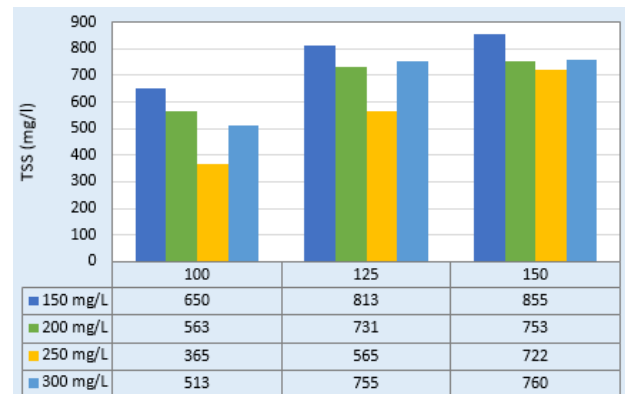


Gambar 3.4
Grafik Konsentrasi TSS terhadap Dosis (1)

Dosis koagulan kitosan yang optimal dalam menurunkan konsentrasi TSS terdapat pada dosis 250 mg/l. pada dosis ini koagulan dapat menurunkan konsentrasi menjadi 365 mg/l dari konsentrasi awal sebesar 2270 mg/l. Konsentrasi TSS pada pemberian dosis 250 mg/L, merupakan hasil terbaik pada variasi kecepatan pengadukan cepat 100 rpm.

3.5.2 Penentuan Kecepatan Pengadukan Cepat Optimum Penurunan Konsentrasi TSS

Berdasarkan gambar 4.9 menunjukkan bahwa kecepatan pengadukan yang optimal berada pada kecepatan 100 rpm. Pada kecepatan ini konsentrasi TSS memiliki nilai turunan konsentrasi terendah yaitu sebesar 365 mg/l dari kondisi awal sebesar 2270 mg/l.



Gambar 3.5
Grafik Konsentrasi TSS terhadap Kecepatan Pengadukan Cepat (2)

Karena TSS dan turbidity berkaitan erat, menurunnya konsentrasi TSS cenderung berbanding lurus dengan menurunnya konsentrasi turbidity. Pada proses koagulasi terjadi pengadukan cepat dimana pada kecepatan pengadukan optimal akan mempengaruhi sifat fisik partikel penyebab TSS itu sendiri.

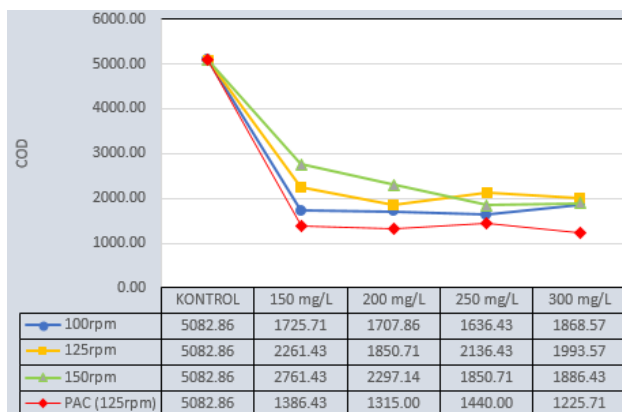
3.6 Penurunan Konsentrasi COD pada Limbah Cair Industri Jamu PT.Sido Muncul,Tbk.

Hasil penurunan konsentrasi COD setelah dilakukan penambahan koagulan kitosan terjadi

penurunan yang cukup signifikan. Konsentrasi awal COD adalah 5082,86 mg/l setelah dilakukan penambahan koagulan kitosan terjadi penurunan konsentrasi berbeda-beda dari tiap variasi dosis dan kecepatan pengadukan cepat yang diberikan. Dosis optimum terdapat pada dosis 250 mg/l dengan kecepatan pengadukan cepat 100 rpm didapat nilai konsentrasi TSS sebesar 1636,43 mg/l.

3.6.1 Penentuan Dosis Optimum Penurunan Konsentrasi COD

Dosis koagulan yang optimal untuk menurunkan konsentrasi COD adalah pada pemberian koagulan dengan dosis 250 mg/l. Pada dosis koagulan ini dapat menurunkan konsentrasi COD menjadi 1636,43 mg/l dari kondisi awal 5082,86 mg/l



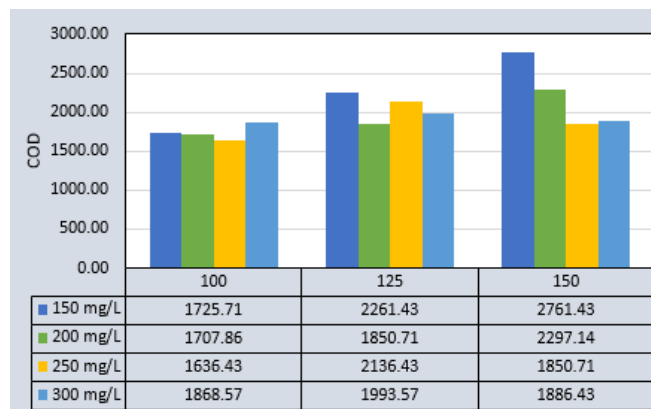
Gambar 3.5

Grafik Konsentrasi COD terhadap Dosis (1)

Konsentrasi COD pada limbah cair industri jamu ini harus diolah kembali sehingga dapat diturunkan kembali konsentrasinya menjadi lebih rendah. Penurunan COD dengan menggunakan PAC sebagai pembandingan memiliki tingkat keefektifan yang lebih tinggi dibandingkan dengan biokoagulan kitosan.

3.6.2 Penentuan Kecepatan Pengadukan Cepat Optimum Penurunan Konsentrasi COD

Hasil akhir proses koagulasi dari pengadukan cepat dengan kecepatan 100 rpm cenderung lebih baik dibandingkan dengan variasi kecepatan pengadukan cepat lainnya, seperti yang terlihat pada gambar 3.6



Gambar 3.6

Grafik Konsentrasi COD terhadap Kecepatan Pengadukan Cepat (2)

Penurunan konsentrasi turbidity serta TSS diikuti oleh penurunan COD dengan dosis koagulan yang sama (250 mg/l) dan kecepatan pengadukan cepat yang sama (100 rpm). Dengan terendapkannya zat tersuspensi melalui proses koagulasi menghasilkan efluen yang mengandung COD dengan konsentrasi yang rendah. Turunnya nilai COD ini karena pemberian dosis koagulan yang tepat dan kecepatan pengadukan yang tepat, yaitu pada dosis koagulan 250 mg/l dan kecepatan pengadukan cepat 100 rpm dengan penurunan konsentrasi sebesar 1636,3 mg/l.

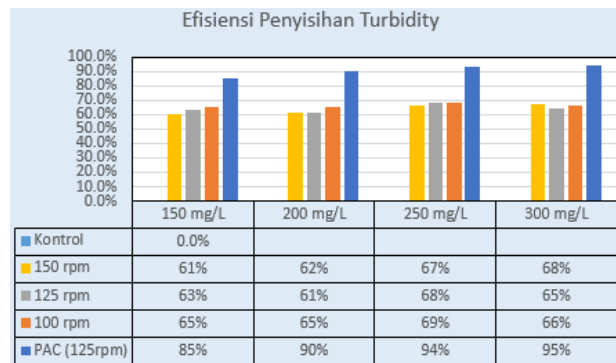
3.7 Hubungan Antara Dosis Koagulan dengan Pengadukan Cepat yang Optimum dalam Penurunan Efisiensi (%) Turbidity, TSS, dan COD.

Berkaitan dengan dosis koagulan dan kecepatan pengadukan cepat, maka konsentrasi pada parameter *Turbidity*, TSS, dan COD dalam penggunaan biokoagulan kitosan secara umum mengalami penurunan dari kondisi awal. Hal ini dikarenakan 2 faktor yaitu dosis koagulan dan kecepatan pengadukan cepat. Dosis koagulan kitosan yang optimum dalam penurunan karakteristik *Turbidity*, TSS, COD secara keseluruhan adalah 250 mg/L untuk dosis, dan 100 rpm untuk kecepatan pengadukan cepat.

3.7.1 Efisiensi Penyisihan Konsentrasi *Turbidity*

Efisiensi penurunan *turbidity* pada penelitian ini, untuk dosis koagulan optimum terdapat pada dosis 250 mg/l dan cenderung

turun efisiensinya pada saat dilakukan penambahan dosis. Efisiensi penurunan konsentrasi *turbidity* koagulan kitosan ditampilkan dalam gambar 3.7



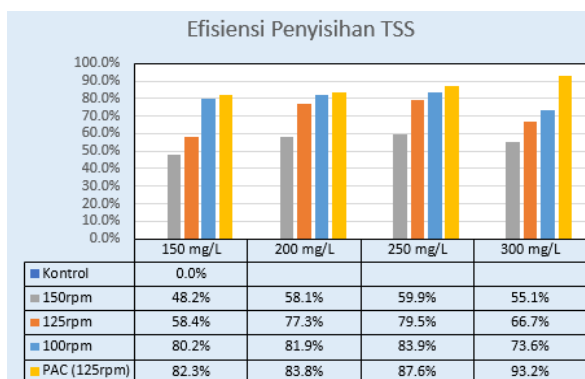
Gambar 3.7

Grafik Efisiensi Penurunan Konsentrasi *turbidity*

Pada penelitian ini kecepatan pengadukan cepat optimum berada pada kecepatan 100 rpm. Efisiensi penurunan konsentrasi *turbidity* yang optimum berada pada dosis 250 mg/l dan kecepatan pengadukan cepat 100 rpm dengan tingkat efisiensi penyisihan sebesar 69%.

3.7.2 Efisiensi Penyisihan Konsentrasi TSS

Penggunaan dosis koagulan optimum untuk penurunan konsentrasi TSS terdapat pada dosis 250 mg/l dan kecepatan pengadukan cepat optimum berada pada kecepatan 100 rpm dengan tingkat efisiensi penyisihan sebesar 83,9%.



Gambar 3.8

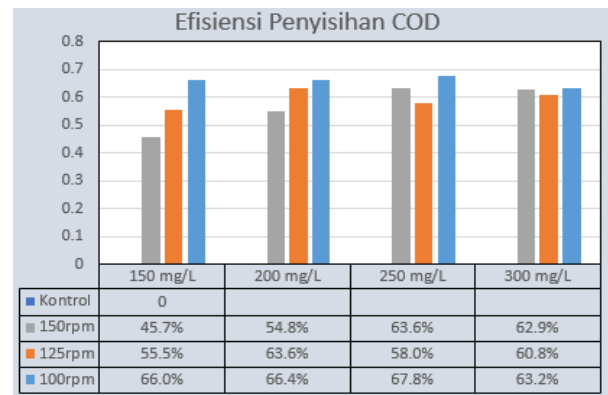
Grafik Efisiensi Penurunan Konsentrasi TSS

Pada TSS, dosis koagulan yang rendah akan menghasilkan penurunan konsentrasi TSS yang rendah pula sedangkan dosis yang

tepat akan memberikan hasil yang maksimal dalam penurunan konsentrasi. Namun bila dosis koagulan yang diberikan tersebut berlebihan maka akan menyebabkan kemampuan penurunan konsentrasi berkurang dari dosis yang tepat.

3.7.3 Efisiensi Penyisihan Konsentrasi COD

Penggunaan dosis koagulan optimum untuk penurunan konsentrasi TSS terdapat pada dosis 250 mg/l dan kecepatan pengadukan cepat optimum berada pada kecepatan 100 rpm dengan tingkat efisiensi penyisihan sebesar 67,8% seperti yang terlihat pada gambar 3.8



Gambar 3.9

Grafik Efisiensi Penurunan Konsentrasi COD

3.8 Aspek Teknis dan Ekonomi

Cara mengekstraksi cangkang kerang hijau menjadi kitosan dengan melalui 3 tahap yaitu, deproteinasi, demineralisasi, dan deasetilasi. Untuk menggunakan kitosan cangkang kerang hijau menjadi biokoagulan dalam pengolahan limbah cair, dibutuhkan biaya dengan rincian sebagai berikut:

Tabel 3.2

Biaya Pembuatan Kitosan Cangkang Kerang Hijau

No	Bahan	Jumlah	Satuan	Harga	Total Harga (Rp)
1	Cangkang Kerang Hijau	4	kg	-	-
2	HCL	1	kg	4000	4000
3	NaOH	1	l	9500	9500
4	Aquades	3	l	1500	4500
5	Asam Asetat	252	ml	9000/L	2200
Total Biaya					20200

Dengan perhitungan biaya yang terdapat pada tabel 4.9 maka akan diperoleh kitosan cangkang kerang hijau sebesar 1 kg/1000 g (kandungan kitosan 25%). Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mengetahui biaya penggunaan kitosan dalam pengaplikasiannya dilapangan:

Biaya pembuatan kitosan kerang hijau:
Rp 20.200,- / 1000 gram

Dosis Optimum Pengolahan: 250 mg/liter

Biaya pengaplikasian sebagai biokoagulan:

$$= \frac{250 \text{ mg}}{1000000 \text{ mg}} \times 20200 \text{ Rp/liter} = \text{Rp } 5 \text{ /liter}$$

Tabel 3.3

Biaya penggunaan PAC Sebagai Pengolah Air Limbah

No	Bahan	Jumlah	Satuan	Harga	Total Harga (Rp)
1	PAC	1	kg	1100	11000
2	Air	1	Set	7000	7000
Total Biaya					18000

Analisa biaya penggunaan PAC:
Rp 18000,- / 1 kilogram

Dosis Optimum Pengolahan : 300 mg/liter

Biaya pengaplikasian sebagai koagulan

$$= \frac{300 \text{ mg}}{1000000 \text{ mg}} \times 18000 \text{ Rp/liter} = \text{Rp } 5,4 \text{ /liter}$$

Dari perhitungan diatas dapat dilihat bahwa penggunaan kitosan cangkang kerang hijau dan PAC sebagai koagulan ditinjau dari aspek biaya aplikasi dalam air limbah berturut turut adalah Rp 5/liter dan Rp 5,4/liter. Untuk pengolahan perhari dapat disesuaikan dengan jumlah debit yang dihasilkan rata-rata setiap harinya.

Menurut Risdianto (2007), debit limbah yang dihasilkan oleh PT.Sido Muncul sebesar 130 m³/hari. Jika dilakukan pengaplikasian koagulan kitosan dan PAC pada pengolahan air limbah PT.Sido Muncul,Tbk maka masing-masing koagulan tersebut membutuhkan dana sebagai berikut:

Jumlah limbah perhari : 130 m³/hari
Biaya aplikasi

1. Kitosan : Rp 5/Liter
2. PAC : Rp 5.4/Liter

Total biaya perhari

1. Kitosan : 130.000
liter/hari x Rp 5/Liter: Rp 650.000,-/hari
2. PAC :130.000
liter/hari x Rp 5.4/Liter: Rp. 702.000, /hari

Dari perhitungan diatas dapat diambil kesimpulan dalam analisa biaya, pengaplikasian koagulan kitosan cangkang kerang hijau sebagai koagulan relatif lebih murah jika dibandingkan dengan menggunakan PAC.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

1. Dosis optimum biokoagulan kitosan berada pada konsentrasi 250 mg/l. Pada dosis ini koagulan dapat mengikat bahan pencemar yang paling optimal.
2. Kecepatan pengadukan cepat 100 rpm merupakan kecepatan pengadukan yang optimum. kecepatan besar akan menghasilkan gaya geser yang berlebihan dan mencegah susunan flok yang diinginkan.
3. Biokoagulan kitosan mampu berperan sebagai biokoagulan dan ini dibuktikan berdasarkan efisiensi yang dihasilkan pada penurunan konsentrasi *Turbidity* sebesar 69% penurunan konsentrasi TSS sebesar 83,9% dan penurunan COD sebesar 67,8%.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil pengamatan dan pembahasan penelitian maka hal yang disarankan pada penelitian ini adalah perlu dilakukannya pengolahan lanjutan untuk menurunkan konsentrasi turbidity, TSS, dan COD seperti adanya unit Aerasi karena masih tingginya konsentrasi parameter ini atau

penurunan yang diakibatkan penambahan biokoagulan kurang besar.

Selain itu perlu dilakukan penelitian lanjutan terhadap metode pembuatan kitosan agar didapatkan kitosan dengan metode dan Derajat Deasetilasi (DD) yang paling optimum untuk diterapkan pada pembuatan Kitosan kerang hijau (*Perna viridis*) dan diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai lumpur dari hasil koagulasi-flokulasi menggunakan biokoagulan kitosan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G. Santika, S, Sri. 1987. *Metode Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional Indonesia.
- Arikunto, S. 2010. *Prosedur Penelitian Suatu pendekatan praktik*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Betha, Ofa Suzanti. 2009. *Amonilisasi Sel Lactobacillus Acidophilus FNCC116 dan Bacillus Licheniformis F11.4 Untuk Demineralisasi dan Deproteinasi Limbah Kulit Udang Dalam Pengolahan Kitin*. Ilmu Kefarmasian Universitas Indonesia. Depok.
- Cappenberg, Hendrik A.W. 2008. *Beberapa Aspek Biologi Kerang Hijau Perna viridis Linneus 1758*. Jakarta: Pusat Penelitian Oseanologi-LIPI
- Darmasetiawan, Martin. 2001. *Teori dan Perencanaan Instalasi Pengolahan Air*. Bandung : Yayasan Suryono.
- Fessenden, J, Ralp. Fessenden, S, Joan. 1986. *Kimia Organik*. Jakarta : Erlangga
- Flaten, T, Peder. 2001. *Aluminium as Risk Factor in Alzheimer's Disease, With Emphasis on Drinking Water*. USA: Elsevier Science Inc.
- Fitri, Hariana. 2012. *Dampak Pembuangan Lumpur Perusahaan Daerah Air Minum Kota Pontianak Terhadap Kualitas Air Sungai Kapuas*. Pontianak: Universitas Tanjungapura.
- Harsunu, Tri Bayu. 2008. *Pengaruh Konsentrasi Plasticizer Gliserol dan Khitosan Dalam Zat Pelarut Terhadap Sifat Fisik Edible Flim dari Khitosan*. Depok: Universitas Indonesia.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 10 Tahun 1995. *Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kesehatan Kegiatan Industri, Lampiran IX B*. 23 Oktober 1995.
- Manurung, Jeplin. 2009. *Studi Jenis dan Berat Koagulan Terhadap Penurunan Nilai COD dan BOD pada Pengolahan Air Limbah Dengan Cara Koagulasi*, Medan: Universitas Sumatra Utara.
- Pararaja, Arifin. 2008. *Bahan Kimia Penjernih Air (Koagulan)*.
<http://smk3ae.wordpress.com/2008/08/05/bahan-kimia-penjernih-air-koagulan/>. 5 Agustus 2008 (11:28)
- Peraturan Daerah Jawa Tengah No. 10 tahun 2004, *Baku Mutu Air Limbah*. Lampiran I. Jawa Tengah.
- Prayudi, Teguh. Susanto, P, Joko. 2000. *Chitosan Sebagai Koagulan Limbah Cair Industri Tekstil*. Teknologi Lingkungan, Deputi Bidang TIEMML. Jakarta.
- Puspitasari, Anggraini. 2007. *Pembuatan dan Pemanfaatan Kitosan Sulfat Dari Cangkang Bekicot (Achatina Fullica) Sebagai Adsorben Zat Warna Remazol Yellow FG6*. Sains Kimia Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Rifai, Dewi. N. 2007. *Isolasi dan Identifikasi Kitin, Kitosan dari cangkang hewan mimi (Horseshoe crab) Menggunakan Spektrofotometri Infra Merah*. Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri (UIN), Malang
- Risdianto, Dian. 2007. *Optimasi Proses Koagulasi Untuk Pengolahan Air Limbah Industri Jamu (Studi Kasus PT. Sido Muncul)*. Megister Teknik Kimia Universitas Diponegoro. Semarang
- Sinardi., Soewandi, P., Notodarmojo, S. 2013. *Pembuatan Karakteristik Dan Aplikasi Kitosan Dari Cangkang Kerang Hijau*

*(Mytilus Virdis Linneaus) Sebagai Koagulan
Penjernih Air.* Solo: Universitas Sebelas
Maret.

Tchobanoglous, George. 2003. *Wastewater
Engineering : Treatment and Reuse*. 4rd ed.
New York : McGraw Hill Book Company.

[U.S. Geological Survey](http://fl.biology.usgs.gov/pics/nonindig_green_mussel/nonindig_green_mussel/nonindig_green_mussel_3.html). [http://fl.biology.usgs.gov/
pics/nonindig_green_mussel/nonindig_green
_mussel/nonindig_green_mussel_3.html](http://fl.biology.usgs.gov/pics/nonindig_green_mussel/nonindig_green_mussel/nonindig_green_mussel_3.html)